



## PENENTUAN DESAIN LERENG FINAL PADA PIT DH DAERAH KONSESI PT. ARUTMIN INDONESIA TAMBANG ASAM ASAM

Galih Wiria Swana, Febri Hirnawan, dan R. Irvan Sophian  
Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor - Sumedang

### ABSTRAK

Salah satu faktor penunjang keberhasilan tambang terbuka ialah kestabilan lereng yang dibentuk. Dalam menentukan kemiringan desain final lereng yang dibentuk, salah satu caranya ialah dengan menggunakan metode geomekanik melalui penentuan nilai *Rock Mass Rating* (RMR) dan nilai *Slope Mass Rating* (SMR). Namun, dari nilai SMR tidak diketahui faktor keamanan (Safety Factor) dari lereng tersebut sehingga diperlukan analisis kestabilan lereng. Nilai kemiringan lereng dan faktor keamanannya dapat menjadi acuan untuk membuat desain lereng final yang representatif. Penelitian dilakukan di Desa Asam asam, Kecamatan Jorong, Kabupaten Tanah Laut, Provinsi Kalimantan Selatan yang merupakan areal PKP2B PT Arutmin Indonesia site Asam Asam. Daerah penelitian adalah pit 1 dan pit 2 DH. Morfologi daerah penelitian cenderung landai dikarenakan di sebelah selatan daerah penelitian tidak jauh dari bibir pantai, di sebelah utara merupakan hutan produksi, di sebelah barat merupakan pemukiman penduduk, dan di sebelah timur merupakan areal penambangan PT Arutmin Indonesia Site Asam asam. Daerah penelitian terletak pada Formasi Warukin dimana unit stratigrafinya yaitu batupasir (pasir kasar - halus), *mudstone* (*Claystone*, *Siltstone*) & *carbonaceous mudstone*, serta batubara dan dengan strike  $80^{\circ} - 90^{\circ}$  dan dip  $29^{\circ} - 35^{\circ}$ . RMR pada section sidewall berkisar antara 25- 59, dan SMR berkisar antara  $30.1^{\circ} - 59^{\circ}$  pada section western lowwall atau data bor AGT-02 dan AGT-03 berkisar antara 20 - 55 dan SMR berkisar antara  $20^{\circ} - 55^{\circ}$ . Pada Section western highwall RMR berkisar antara 34 -71 dan SMR berkisar antara  $33.06^{\circ} - 71^{\circ}$ . Pada section eastern lowwall RMR berkisar antara 20 - 55 dan SMR berkisar antara  $20^{\circ} - 54.96^{\circ}$ . Pada section eastern highwall RMR berkisar antara 29 - 79 dan SMR berkisar antara  $29^{\circ} - 79^{\circ}$ . Dari hasil analisa kestabilan lereng, pada umumnya nilai kemiringan lereng hasil dari nilai SMR berada pada kondisi labil hingga stabil sehingga perlu dilakukan penurunan muka air tanah pada beberapa bagian agar dihasilkan desain final lereng yang stabil.

Kata Kunci : Geomekanik, Analisis Kestabilan Lereng, Desain lereng final

### ABSTRACT

One factor that supporting the success of open pit mining is slope stability formed. In determining the slope of the final design slopes formed, one of the way is by using the method of geomechanic determining value through Rock Mass Rating (RMR) and the Slope Mass Rating (SMR). However, from the SMR value the safety factor of the slope is unknown, so that the slope stability analysis is required. Slope value and the safety factor can be a reference to create the final design of representative slopes. This research conducted in the village of Asam asam, Jorong, Tanah Laut, South Kalimantan Province which the area is PT Arutmin Indonesia PKP2B site Asam asam. The research area is the pit 1 and pit 2 DH. Morphology research areas tend to be slightly because the south area of this research is not far from the beach, on the north area is a production forest, the west area is residential, and the east area of the mining area of PT Arutmin Indonesia Site Asam asam. The research area lies in the Warukin Formation where its stratigraphic unit is sandstone (Coarsed - Fine sand), mudstone (Claystone, Siltstone) and carbonaceous mudstone, and coal with strike  $80^{\circ} - 90^{\circ}$  and dip  $29^{\circ} - 35^{\circ}$ . RMR in the sidewall section ranges between 25-59, and the SMR ranged between  $30.1^{\circ} - 59^{\circ}$ , on the western lowwall section or drill data of AGT-02 and AGT-03 ranged between 20-55 and the SMR ranged between  $20^{\circ} - 55^{\circ}$ . In western highwall section RMR ranges between 34 -71 and the SMR ranged between  $33.06^{\circ} - 71^{\circ}$ . In the eastern



**PROSIDING SIMPOSIUM DAN SEMINAR  
GEOMEKANIKA KE-1 TAHUN 2012  
MENGAGAS MASA DEPAN REKAYASA BATUAN &  
TEROWONGAN DI INDONESIA**

---

lowwall section RMR ranged between 20-55 and the SMR ranged between  $20^{\circ}$  -  $54.96^{\circ}$ . In the eastern highwall section of RMR ranged between 29-79 and the SMR ranged between  $29^{\circ}$  -  $79^{\circ}$ . From this analysis of slope stability, in general the value of the slope of SMR values are in unstable to stable conditions, so it needs to be done to steady decline in the groundwater in some parts so that the final design produced a stable slope.

Keywords : Geomechanic, Slope Stability Analysis, Final Slope Design



## PENDAHULUAN

Dalam penambangan terbuka (*open pit mining*), Desain final lereng adalah salah satu faktor terpenting dalam keberlangsungan pertambangan. Beberapa cara yang dilakukan untuk membuat suatu desain final diantaranya dengan analisis geomekanika dan analisis kestabilan lereng. Geomekanika diantaranya mencakup melakukan pemboran dan melakukan tes laboratorium untuk mendapatkan parameter kekuatan dan fisik yang dibutuhkan untuk mengetahui deskripsi massa batuan (Sjoberg, 1997). Sedangkan untuk mendapat desain lereng tambang, diperlukan data lapangan, baik berupa kekuatan batuan, jenis batuan, dan sebagainya, lalu perlu dilakukan simulasi kestabilan lereng.

Data *geotechnical drilling log* diambil dan diuji di laboratorium mekanika batuan guna mendapatkan parameter kekuatan fisik yang dibutuhkan untuk mendapatkan klasifikasi massa batuan. Klasifikasi masa batuan akan memperhitungkan kondisi stabil dari setiap jumlah klas massa batuan yang dideskripsi dengan mengukur *Unconfined Compressive Strength* (UCS), *Rock Quality Designation* (RQD) dan identifikasi diskontinuitas dari batuan serta kondisi air tanah pada sampel core.

Dalam penentuan klasifikasi masa batuan digunakan penghitungan *Rock Mass Rating* (RMR) (Bieniawski, 1973), kemudian dari hasil pembobotan nilai RMR diperoleh Sudut maksimum pemotongan lereng (*slope*) suatu masa batuan dalam keadaan stabil dengan menghitung nilai *Slope Mass Rating* (SMR). Namun nilai SMR belum memberikan nilai suatu keamanan dari suatu lereng, maka perlu diperlukan analisis kestabilan lereng.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui desain lereng tambang berdasarkan nilai SMR. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik geomekanik dari tiap massa batuan lalu mengklasifikasikan massa batuan berdasarkan karakteristik geomekanik (berdasarkan RMR), kemudian mengetahui nilai sudut yang dibentuk dari massa batuan tersebut (SMR), kemudian melakukan analisis kestabilan lereng untuk mengetahui nilai *Safety Factor*-nya. Kemudian dibuat desain final lereng yang representatif di daerah penelitian.

## METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan laporan penelitian ini, penulis memerlukan data-data yang dijadikan sebagai dasar penulisan.

Adapun sumber-sumber data tersebut diperoleh dari:

1. Studi Literatur  
Mempelajari literatur berupa buku-buku serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan kondisi geologi secara umum di daerah penelitian.
2. Studi Lapangan
  - a. Pemetaan Geologi Teknik  
Pemetaan geologi teknik dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter geoteknik seperti jenis lithologi-nya, *strength* dari material, tingkat pelapukan, tipe dan bentuk diskontinuitas serta GSI (*Geological Strength Index*) sebagai parameter untuk melakukan pemodelan desain lereng tambang.
  - b. Pengumpulan Data Geomekanik  
Pengumpulan data geomekanik mencakup semua variabel penghitungan RMR seperti *Unfined Compressive Strength* (UCS) dan *Rock Quality Designation* (RQD), jumlah Kekar per meter, *joint condition*, *joint separation*, dan *groundwater condition*, untuk variabel SMR (°) data yang diambil yaitu, *strike* dan *dip* dari *slope*, serta *strike* dan *dip* dari diskontinuitas dari singkapan maupun dari *geotechnical drilling log*.
3. Pengolahan data  
Pengolahan data pertama tama membuat geometri lereng desain final berdasarkan nilai SMR-nya, Berdasarkan Romano (1980) SMR diperoleh dengan formula berikut ini :

$$SMR(^{\circ}) = RMR - (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

F1 = rata rata strike dari joint dikurangi Slope strike

F2 = rata rata dip dari joint

F3 = rata rata dari Joint dip dikurangi Sudut Slope

Nilai F4 ditentukan berdasarkan metode ekskasinya.



**Tabel 6 :** Hubungan antara orientasi diskontinuitas dan orientasi lereng

CASE	Very Favorable	Favorable	Fair	Unfavorable	Very unfavorable
PLANAR TOPPLING P/T F1	$>30^{\circ}$ 0.15	$30^{\circ} - 20^{\circ}$ 0.40	$200 - 10^{\circ}$ 0.70	$10^{\circ} - 15^{\circ}$ 0.85	$<10^{\circ}$ 1.00
PLANAR PLANAR F2 TOPLING F2	$<20^{\circ}$ 0.15 1.00	$20^{\circ} - 30^{\circ}$ 0.40 1.00	$30^{\circ} - 35^{\circ}$ 0.70 1.00	$35^{\circ} - 45^{\circ}$ 0.85 1.00	$>45^{\circ}$ 1.00 1.00
PLANAR TOPPLING P/T F3	$>10^{\circ}$ $<110^{\circ}$ 0.40	$10^{\circ} - 0^{\circ}$ $110^{\circ} - 120^{\circ}$ -6	$0^{\circ}$ $>120^{\circ}$ -25	$0^{\circ} - (-10^{\circ})$ -50	$< -10^{\circ}$ -60

kemudian dengan menggunakan bantuan Software Roclab 1.0 didapat nilai Kohesi (C) dan nilai phi atau sudut friksi ( $\phi$ ), dan mengkorelasinya dengan hasil data laboratorium mekanika batuan kemudian untuk pemodelan lereng tambang menggunakan software Geoslope/SlopeW.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Morfologi Pit DH

Morfologi daerah penelitian atau Pit DH berupa pedataran landai dan daerah penelitian tidak jauh dari bibir pantai yang ada sebelah selatan. Di sebelah utara pit terdapat hutan yang ditumbuhi berbagai macam tumbuhan berukuran kecil ataupun besar.

### 2. Geologi Teknik

Berdasarkan hasil korelasi dan deskripsi *geotechnical drilling log* diperoleh sifat fisik dan mekaniknya sebagai berikut.

Batubara pada daerah penelitian memiliki diskontinuitas berupa *cleat* dan jarak antar *cleat* sangat rapat sehingga memungkinkan dapat menyimpan fluida dan mengakibatkan batubara sangat rentan menjadi bidang lemah pada lereng batuan.

Pada Batupasir di daerah penelitian ini memiliki ukuran butir yang bervariasi, mulai dari butir kasar hingga sangat halus memiliki sisipan berupa *mudstone* atau batulanau. Pada batupasir di beberapa bagian dijumpai batupasir yang tersementasi sangat baik sehingga memiliki UCS yang besar dan nilai kohesi serta sudut geser dalam yang cukup besar pula umumnya ialah batupasir kasar dan batupasir sangat halus. Pada batupasir yang bersifat *loose* umumnya memiliki ukuran butir medium hingga

kasar sehingga memiliki nilai kohesi dan sudut geser dalam yang kecil.

Pada *Mudstone* umumnya tersementasi cukup baik sehingga memiliki nilai kohesi dan sudut geser dalam yang besar pula. Pada umumnya *mudstone* pada daerah penelitian sifatnya menyerpih mengakibatkan memiliki porositas sedang (semipermeabel) mengakibatkan air dapat terserap. Pada beberapa bagian ditemui *mudstone* yang bersifat *loose* dan tidak tersementasi dengan baik sehingga nilai kohesi dan sudut geser dalam lebih kecil. Berdasarkan uji *direct shear* *Mudstone carbonaceous* memiliki nilai bobot isi yang lebih besar daripada *mudstone* (tabel. 11). *Mudstone carbonaceous* sering ditemui pada kontak antara batubara dan *mudstone* oleh karenanya batuan ini memiliki potensi sebagai bidang gelincir pada kondisi jenuh ataupun kering.

Dari hasil uji *Direct Shear* PT. Arutmin Indonesia dan hasil penghitungan pada software Roclab 1.0 diperoleh Bobot isi jenuh dari masing masing material sebagai berikut.



**Tabel 12** : Sifat Mekanika batuan pada daerah penelitian

No.	Material	$\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	c (kPa)	$\phi$ (°)
1	<i>Mudstone</i>	18	20.34	101-249	17.11-31.5
2	<i>Carbonaceous Mudstone</i>	18.6	21.018	45-148	9.01-21.85
3	Batupasir	17.9	20.94	130.3-550	21-46.37
4	Batubara	13.5	20.115	130-464	25.46-48.42

Keterangan:

$\gamma_{dry}$  = Bobot isi kering

$\gamma_{sat}$  = Bobot isi jenuh

c = Kohesi

$\phi$  = Sudut geser dalam

### 3. Geomekanika pada daerah penelitian

#### Sidewall

Pada Section sidewall Massa Batuan umumnya didominasi oleh Batulempung, Batulanau dan Batupasir, Seam Batubara di Western sidewall semakin menipis dikarenakan adanya *splitting* dan beberapa diantaranya hanya menjadi sisipan saja. Perlapisan yang paling muda, didominasi oleh Batulempung *Carbonaceous* dan Batupasir yang bersifat *soft rock* hingga *hard rock*. Pada Batulempung *Carbonaceous* terdapat kandungan fosil berupa *Bivalvia* dan *Molusca* (*Turritella*).

Data RMR diperoleh dari pemetaan geomekanik pada section S01 (data terlampir pada lampiran). Kisaran RMR pada Western Sidewall berkisar antara 25 – 59 dimana Klas massa batuan yaitu pada klas III dan IV. Nilai RMR terkecil atau *poor rock* diperoleh karena pada beberapa bagian diperoleh batuan yang memiliki perselingan dengan Batulempung *Carbonaceous* (*soft infilling*) dan beberapa ialah batupasir kasar yang memiliki sementasi yang buruk dan sudah terlapukan kuat (*soil like*). Pada klas batuan III umumnya adalah Batubara dan Batupasir dengan ukuran butir fine hingga medium. Umumnya memiliki karakteristik diskontinuitas yang memiliki separation yang kecil. Dan spasi antar diskontinuitas yang cukup lebar.

#### Western Lowwall

Pada western lowwall data diperoleh dari hasil korelasi data bor AGT-02 dan AGT-03. Dari hasil pengamatan, pada bagian western lowwall didominasi oleh *Mudstone* yang umumnya terdapat Konkresi Sideritic

*Mudstone*, pada beberapa bagian terdapat batupasir dengan ukuran fine hingga coarse namun dengan ketebalan yang tidak terlalu besar. Terdapat juga lapisan Batubara tipis yang merupakan *minor seam* hingga perlapisan yang cukup tebal yang merupakan *major seam*.

Pada bagian Lowwall west RMR ada pada kisaran antara 20 – 55 (data terlampir pada lampiran) sehingga klas massa batuan ada pada klas III dan V. Pada klas massa batuan III atau *fair rock* umumnya ialah *Mudstone* dan Batubara dan pada klas massa batuan V atau *very poor rock* umumnya ada pada batupasir yang memiliki perselingan batulempung *Carbonaceous* (*soft infilling*) serta batulempung dan batupasir yang memiliki isian berupa Sideritic *Mudstone* (*hard infilling*). Selain itu pada beberapa perlapisan Batupasir, Batupasir memiliki strength yang lemah dan sementasi antar butir yang buruk sehingga hampir menyerupai tanah (*soil like*). Berikut adalah Chart RMR terhadap kedalaman pada data bor AGT-02 dan AGT-03.

Nilai SMR berdasarkan Romano dan dengan asumsi Planar failure serta metode ekskavasi dengan menggunakan *mechanical excavation* berada pada kisaran 20 ° – 55 ° dan diperoleh rata – rata SMR sebesar 38.2 °. Dari nilai SMR yang diperoleh kemudian dijadikan pedoman sebagai sudut *Overall slope*, dimana akan dibentuk dan disertai penyesuaian dengan desain lereng final.

#### Western Highwall

Pada western Highwall data diperoleh dari hasil korelasi data bor AGT-05 dan pemetaan pada section S01. Dari hasil pengamatan, pada bagian Western highwall



didominasi oleh *Mudstone* yang umumnya terdapat Konkresi Sideritic *Mudstone*, pada beberapa bagian terdapat batupasir dengan ukuran fine hingga coarse dengan ketebalan yang cukup signifikan. Terdapat juga lapisan Batubara tipis yang merupakan *minor seam*. Pada kedalaman 225 m pada data bor AGT-05 ditemui *major seam* (seam BU).

Nilai RMR pada western highwall diperoleh dari hasil korelasi data bor AGT 05 dan pemetaan geomekanik pada S01. Dari hasil korelasi RMR pada Western highwall ini berkisar antara 34 -71 (data terlampir pada lampiran). Dengan nilai RMR tersebut diperoleh klas massa batuan berkisar antara klas II, III, dan IV. Klas massa batuan II atau good rock umumnya adalah *Mudstone* dan batupasir sedang – halus. Untuk klas massa batuan III atau fair rock umumnya ialah batubara dan *Mudstone*. Untuk Klas massa batuan IV atau *poor rock* ialah batupasir yang memiliki sementasi yang buruk (*soil like*), atau memiliki perselingan batulempung *Carbonaceous (soft infilling)* ataupun terdapat konkresi sideritic *Mudstone (hard infilling)*.

Dari data bor umumnya memiliki kondisi groundwater kering (*dry*). Sehingga nilai RMR cenderung besar. Namun dengan kondisi musim penghujan air dapat masuk melalui tension crack ataupun kekar- kekar di permukaan sehingga lereng dapat menjadi jenuh dan dapat mengurangi nilai RMR nya.

Nilai SMR berdasarkan Romano dan dengan asumsi Toppling failure serta metode ekskavasi dengan menggunakan *mechanical excavation* berada pada kisaran  $33.06^{\circ} - 71^{\circ}$  dengan rata – rata SMR diperoleh sebesar  $55.03^{\circ}$ . Dari nilai SMR yang diperoleh kemudian dijadikan pedoman sebagai sudut *Overall slope*, dimana akan dibentuk dan disertai penyesuaian dengan desain lereng final.

#### Eastern Lowwall

Pada bagian eastern lowwall diperoleh dari hasil korelasi dari pemetaan geomekanik dan geoteknik pada S03 dan S02. Dari hasil pemetaan Eastern

highwall didominasi oleh *Mudstone* (Batulempung dan batulanau) dan batupasir. Terdapat beberapa perlapisan batubara tipis (*minor seam*). Pada batulempung dan batulanau serta batupasir kasar sering ditemui konkresi sideritic *Mudstone*. Batupasir ditemui dengan butir yang bervariasi mulai dari *very fine sand* hingga *coarse sand*.

RMR pada bagian eastern lowwall diperoleh dari hasil korelasi dari pemetaan

geomekanik pada S03 dan S02. Pada Section ini RMR berkisar antara 20 - 55 (terlampir pada lampiran) yang berarti kisaran klas massa batuan berkisar antara klas III – V atau ada pada rentan *fair rock* hingga *very poor rock*. Pada klas massa batuan III atau *fair rock*, batuan yang ada pada rentan ini pada umumnya ialah batupasir dengan ukuran butir *coarse* yang memiliki kenampakan masif di lapangan, dan juga *mudstone* dengan diskontinuitas yang tidak terlalu intens, selain itu pada klas massa batuan III dimiliki juga oleh batubara dikarenakan batubara memiliki UCS yang cukup besar namun memiliki diskontinuitas yang cukup banyak dan rapat. Untuk klas massa batuan V atau *very poor rock*, didominasi oleh batupasir yang memiliki sementasi buruk (*soil like*).

Nilai SMR berdasarkan Romano dan dengan asumsi Planar failure serta metode ekskavasi dengan menggunakan *mechanical excavation* berada pada kisaran  $20^{\circ} - 54.96^{\circ}$  (Romano) rata – rata SMR diperoleh sebesar  $39.04^{\circ}$ . Dari nilai SMR yang diperoleh kemudian dijadikan pedoman sebagai sudut *Overall slope*, dimana akan dibentuk dan disertai penyesuaian dengan desain lereng final.

#### Eastern Higwall

Pada eastern highwall data diperoleh dari hasil korelasi data bor AGT-05 dan pemetaan pada section S03. Dari hasil pengamatan, pada bagian Eastern highwall didominasi oleh *Mudstone* yang umumnya terdapat Konkresi Sideritic *Mudstone*, pada beberapa bagian terdapat batupasir dengan ukuran *fine* hingga *coarse* dengan ketebalan yang cukup signifikan. Terdapat juga lapisan Batubara tipis yang merupakan *minor seam*. Pada kedalaman 225 m pada data bor AGT-05 ditemui *major seam* (seam BU). Terdapat juga sisipan Batulempung *Carbonaceous* yang pada umumnya diantara 2 seam Batubara

RMR pada lereng Eastern highwall diperoleh dari hasil korelasi pemetaan geomekanik pada S03 dan data bor AGT-05. Lalu diperoleh RMR ada pada kisaran 29 -79 (terlampir pada lampiran) , atau ada pada klas massa batuan II, III, dan IV. Pada klas massa batuan II atau *good rock* umumnya ada pada *Mudstone* dan batupasir ataupun *muddy sandstone* yang bersifat masif dan memiliki sedikit diskontinuitas. Sedangkan untuk klas massa batuan III atau *Fair rock* umumnya didominasi oleh batupasir *fine - medium* dengan jumlah *joint* yang tidak terlalu banyak dan juga batubara. Untuk klas massa batuan IV atau *poor rock* didominasi oleh *Mudstone* dan batupasir





kasar yang sangat terlapukan dan memiliki sementasi buruk serta batubara yang memiliki perselingan atau sisipan dengan batulempung *Carbonaceous (soft infilling)*

Nilai SMR berdasarkan Romano dan dengan asumsi Planar failure serta metode ekskavasi dengan menggunakan *mechanical excavation* berada pada kisaran SMR ada pada kisaran  $29^{\circ}$  –  $79^{\circ}$  (Romano) rata – rata SMR diperoleh sebesar  $52.75^{\circ}$ . Dari nilai SMR yang diperoleh kemudian dijadikan pedoman sebagai sudut *Overall slope*, dimana akan dibentuk dan disertai penyesuaian dengan desain lereng final.

#### Sidewall

Berikut adalah tabel geometri lereng pada section sidewall

**Tabel 13** : Geometri lereng pada section Sidewall

Sidewall	<i>Overall slope</i>	Jumlah Undakan	Perbandingan H:V	Lebar Berm	Sudut individual slope
Rata - rata SMR	$39.67^{\circ}$	16	6 : 10	7.62 m	$62.8^{\circ}$
SMR terkecil	$30.1^{\circ}$	16	7 : 10	9.52 m	$53^{\circ}$
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	$34^{\circ}$	16	7 : 10	9.50 m	$59^{\circ}$

Berikut adalah tabel perbandingan dari hasil Analisis kestabilan lereng dari desain lereng final diatas pada section western sidewall.

**Tabel 14** : Hasil Analisis kestabilan lereng pada lereng sidewall

Western sidewall	Sudut <i>overall slope</i>	<i>Safety factor</i>		
		<i>Non saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated + Seismic Load</i>
<b>Rata – rata SMR</b>	<b><math>39.67^{\circ}</math></b>	<b>1.882</b>	<b>1.303</b>	<b>1.282</b>
SMR terkecil	$30.1^{\circ}$	2.632	1.885	1.841
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	$34^{\circ}$	2.158	1.525	1.489

tabel di atas menggambarkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *safety factor* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering (*unsaturated*), pada kondisi jenuh (*fully saturated*), dan Jenuh dengan pengaruh *seismic load*.

#### 4. Analisis Kestabilan Lereng

Dari hasil analisis kestabilan lereng menggunakan software Slope/W 2007 akan diperoleh *Safety factor*. Simulasi kestabilan lereng akan dilakukan 3 kali yaitu, Analisis dalam keadaan *non saturated*, dalam keadaan *saturated*, dan dalam keadaan *saturated* dengan pengaruh koefisien gempa. Berdasarkan data kegempaan Kalimantan Selatan *Seismic load* Horizontal sebesar 0.01 dan vertical sebesar 0.005

Berdasarkan hasil simulasi di atas penulis berkesimpulan bahwa untuk desain final lereng pada section sidewall, akan stabil menggunakan *overall slope* angle sebesar  $39.67^{\circ}$

#### Western Lowwall

Geometri yang akan dilakukan simulasi kestabilan lereng pada section ini ialah sebagai berikut.



**Tabel 15** : Geometri rencana lereng final Western Lowwall

Western Lowwall	<i>Overall slope</i>	Jumlah Undakan	Perbandingan H:V	Lebar Berm	sudut individual slope
Rata - rata SMR	38.2°	17	22 : 29 (ramp 23 m)	22 m	58°
SMR terkecil	20 °	19	18 : 9 (ramp 48 m)	5.61 m	27.2 °
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	23 °	20	17:10 (ramp 25 m)	5.6 m	31 °

Berikut adalah tabel perbandingan dari hasil Analisis kestabilan lereng pada western lowwall.

**Tabel 16** : Hasil Analisis kestabilan lereng pada lereng Western lowwall

Low Wall West	Sudut <i>overall slope</i>	<i>Safety factors</i>		
		<i>Non saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated</i> + Seismic Load
Rata – rata SMR	38.2°	0.889	0.632	0.620
SMR terkecil	20°	1.766	1.162	1.123
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	23 °	1.438	0.961	0.929

Pada section Western Lowwall tabel diatas memberi gambaran, bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *safety factor* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering (*unsaturated*), pada kondisi jenuh (*fully saturated*), dan Jenuh dengan pengaruh *seismic load*.

Maka berdasarkan hasil simulasi dan keperluan tambang maka penulis menyarankan menggunakan nilai *Overall angle* sebesar 20°

pada section western lowwall ini Namun diperlukan penurunan muka air tanah sebesar - **75 m** hingga *safety factor* naik menjadi 1.274 dimana berdasarkan Bowles lereng berada pada kondisi stabil pada kondisi lereng jenuh (*fully saturated*) dan dalam pengaruh *seismic load*

#### Western Highwall

Berdasarkan dari nilai SMR yang dihasilkan dari nilai RMR diatas maka diperoleh geometri lereng sebagai berikut.

**Tabel 17** : Geometri rencana lereng final Western highwall

Western highwall	<i>Overall slope</i>	Jumlah Undakan	Perbandingan H:V	Lebar Berm	sudut individual slope
Rata - rata SMR	55.03 °	20	2:10 (ramp 14 m)	4.65 m	78.3 °
SMR terkecil	33.06 °	20	4 : 10 (ramp 22 m)	12.07 m	63.8 °
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	31.9°	20	5 : 8 (ramp 25 m)	9.42 m	62.7 °

Berikut adalah tabel hasil penghitungan *safety factor* dari tiap desain lereng pada western highwall.

**Tabel 18** : Hasil Analisis kestabilan lereng pada lereng Western highwall

Western highwall	Sudut <i>overall slope</i>	<i>Safety factors</i>		
		<i>Non saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated</i> + Seismic Load
Rata – rata SMR	55.03 °	1.200	0.722	0.712
SMR terkecil	<b>33.06 °</b>	<b>1.514</b>	<b>1.080</b>	<b>1.069</b>
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	31.9°	1.728	1.164	1.136





Dari tabel di atas menggambarkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *safety factor* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering (*unsaturated*), pada kondisi jenuh (*fully saturated*), dan Jenuh dengan pengaruh *seismic load*.

Berdasarkan keperluan tambang dan untuk mengurangi batuan *overburden* maka penulis menyarankan menggunakan nilai *Overall angle* sebesar  $33.06^\circ$  (geometri pada tabel 17). Namun

diperlukan penurunan muka air tanah sebesar - 25 m sehingga nilai *safety factor* ada pada 1.282 pada kondisi jenuh (*fully saturated*) dan dalam pengaruh *seismic load*, artinya berdasarkan Bowles nilai *safety factor* tersebut ada pada kondisi stabil.

#### Eastern Lowwall

Berdasarkan dari nilai SMR yang dihasilkan maka diperoleh geometri lereng sebagai berikut.

**Tabel 19** : Rencana Geometri lereng final pada lereng Eastern lowwall

Eastern Lowwall	<i>Overall slope</i>	Jumlah Undakan	Perbandingan H:V	Lebar Berm	sudut individual slope
Rata - rata SMR	$39.04^\circ$	5	13 : 18 (ramp 22 m)	22 m	$52^\circ$
SMR terkecil	$20^\circ$	20	16 : 9 (ramp 35 m)	4.94 m	$29^\circ$
Desain Final Lereng PT AI	$22^\circ$	21	16 : 9 (ramp 25 m)	4.58 m	$30.8^\circ$

Berikut adalah hasil Analisis kestabilan lereng pada desain final lereng dari berbagai metode pada section eastern lowwall

**Tabel 20** : Hasil Analisis kestabilan lereng pada lereng Eastern lowwall

Eastern Lowwall	Sudut <i>overall slope</i>	<i>Safety factors</i>		
		Non <i>saturated</i>	<i>Saturated</i>	<i>Saturated</i> + Seismic Load
Rata – rata SMR	$39.04^\circ$	0.977	0.652	0.641
<b>SMR terkecil</b>	<b><math>20^\circ</math></b>	<b>1.776</b>	<b>1.288</b>	<b>1.254</b>
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	$22^\circ$	1.735	1.216	1.185

Dari tabel diatas bisa disimpulkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *safety factor* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering (*unsaturated*), pada kondisi jenuh (*fully saturated*), dan Jenuh dengan pengaruh *seismic load*. Berdasarkan keperluan tambang dan untuk mengurangi batuan *overburden* maka penulis

menyarankan menggunakan nilai *Overall angle* sebesar  $20^\circ$

#### Eastern Highwall

Berdasarkan dari nilai SMR yang dihasilkan maka diperoleh geometri lereng sebagai berikut.

**Tabel 21** : Rencana Geometri lereng final pada lereng Eastern highwall

Eastern highwall	<i>Overall slope</i>	Jumlah Undakan	Perbandingan H:V	Lebar Berm	sudut individual slope
Rata - rata SMR	$52^\circ$	17	1 : 9 (ramp 14 m)	18 m	$80.2^\circ$
SMR terkecil	$29^\circ$	18	4 : 9 (ramp 27 m)	14.55 m	$52.1^\circ$
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	$30^\circ$	18	5 : 9 (ramp 26 m)	8.06 m	$61.2^\circ$



Berikut adalah hasil Analisis kestabilan lereng pada desain final lereng dari berbagai metode pada section eastern lowwall

**Tabel 22** : Hasil Analisis kestabilan lereng pada lereng Eastern highwall

Eastern highwall	Sudut overall slope	Safety factors		
		Non saturated	Saturated	Saturated + Seismic Load
Rata – rata SMR	52°	1.272	0.709	0.697
<b>SMR terkecil</b>	<b>29°</b>	<b>1.941</b>	<b>1.294</b>	<b>1.264</b>
Desain Final Lereng PT Arutmin Indonesia	30°	1.890	1.230	1.205

Berdasarkan dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut *overall slope* yang dibentuk maka semakin kecil nilai *safety factor* yang dihasilkan. Hal ini berlaku untuk semua simulasi yaitu pada kondisi kering (*unsaturated*), pada kondisi jenuh (*fully saturated*), dan Jenuh dengan pengaruh *seismic load*.

Dilihat dari keperluan tambang dan untuk mengurangi batuan *overburden* maka penulis menyarankan menggunakan nilai *Overall angle* sebesar 29°

Dari hasil analisis kestabilan lereng dari berbagai desain di atas maka penulis menyarankan sudut *overall slope* untuk masing masing section adalah sebagai berikut.

**Tabel 23** : Rekomendasi Geometri Lereng untuk Tiap Section

Section	Sudut Overall Slope	Jumlah Undakan	Perbandingan H : V	Sudut Single Slope	Penurunan water table
Sidewall	39.67°	16	6 : 10	62.8°	-
Western lowwall	20°	19	18 : 9 (ramp 48 m)	27.2°	Hingga – 75 m
Western highwall	31.9°	20	5 : 8 (ramp 25 m)	62.7°	Hingga – 25 m
Eastern lowwall	20°	20	16 : 9 (ramp 35 m)	29°	-
Eastern highwall	29°	18	4 : 9 (ramp 27 m)	52.1°	-

#### KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan grafik perbandingan RMR terhadap kedalaman, nilai RMR bervariasi dan tidak bergantung terhadap kedalaman. Begitu juga dengan grafik perbandingan nilai UCS terhadap kedalaman, nilai UCS memiliki nilai yang bervariasi dan tidak berbanding naik seiring dengan semakin dalamnya posisi batuan dikarenakan daerah penelitian di susun oleh material batuan sedimen.

Dari hasil simulasi kestabilan lereng, pada lereng yang dibentuk dari nilai SMR. Diperoleh kesimpulan bahwa tidak semua lereng yang dibentuk dari nilai SMR memberikan suatu jaminan bahwa lereng tersebut akan stabil. Namun dari grafik hubungan nilai FS terhadap *overall slope angle* bisa diambil kesimpulan bahwa semakin naik

sudut lereng maka semakin menurun nilai FS nya.

Pada beberapa *section* lereng diatas lereng umumnya stabil dengan menggunakan nilai SMR terkecil pada *section* nya. Namun pada beberapa bagian lereng akan stabil jika sudut lereng yang dibentuk dibawah nilai sudut SMR terkecil, atau diperlukan penurunan muka air tanah hingga kedalaman tertentu hingga lereng yang dibentuk dengan nilai SMR ada pada kondisi stabil.

##### Saran

Dari hasil analisa kestabilan lereng pada Slope Mass Rating dan desain final lereng, penulis menyarankan sudut *overall slope* untuk masing masing section adalah sebagai berikut.

- Pada section Sidewall agar lereng ada pada kondisi stabil peneliti mengajurkan



- menggunakan sudut overall slope sebesar  $39.67^\circ$  (geometri pada tabel 23) dimana nilai tersebut diperoleh dari nilai rata – rata SMR pada section Sidewall.
- Pada section Western Lowwall agar lereng ada pada kondisi stabil peneliti mengajurkan menggunakan sudut overall slope sebesar  $20^\circ$  (geometri pada tabel 23) dimana nilai tersebut diperoleh dari nilai SMR terkecil pada section Western Lowwall. Namun diperlukan penurunan muka air tanah hingga -75 m agar lereng ada pada kondisi stabil.
  - Pada section Western Highwall agar lereng ada pada kondisi stabil peneliti mengajurkan menggunakan sudut overall slope sebesar  $31.9^\circ$  (geometri pada tabel 23) dimana nilai tersebut diperoleh dari nilai SMR terkecil pada section Western Highwall. Namun diperlukan penurunan muka air tanah hingga -25 m agar lereng ada pada kondisi stabil.
  - Pada section Eastern Lowwall agar lereng ada pada kondisi stabil peneliti mengajurkan menggunakan sudut overall slope sebesar  $20^\circ$  (geometri pada tabel 23) dimana nilai tersebut diperoleh dari nilai SMR terkecil pada section Eastern Lowwall.
  - Pada section Eastern Highwall agar lereng ada pada kondisi stabil peneliti mengajurkan menggunakan sudut overall slope sebesar  $29^\circ$  (geometri pada tabel 23) dimana nilai tersebut diperoleh dari nilai SMR terkecil pada section Eastern Highwall.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmadin. 2010. Metode Penambangan. Tersedia di: <http://achmadinblog.wordpress.com/2010/05/04/metode-penambangan/> [Diakses tanggal 7 Januari 2011 : jam 11.30]
- Anonim. 2010 Tersedia di. [http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=351&Itemid=388](http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=351&Itemid=388): Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral [Diakses tanggal 31 desember 2010 : jam 11.30]
- Anonim. 1996. *Core Orientation Technique, Geotechnical Core Logging, Sampling and Photography*. Perth : Golder Associates Pty Ltd Australia
- Bieniawski, Z.T. 1989. *“Engineering Rock Mass Clasification : A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering”*. Canada : John Wiley & Sons Inc.
- Bowles, E., Joseph. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soil: Second Edition*. New York : McGraw-Hill. hal. 525-548
- Djakamihardja, AS., dan Soebowo, E. 1996. *Studi Kemantapan Lereng Batuan Pada Jalur Jalan Raya Liwa-Krui, Lampung Barat : Suatu Pendekatan Metoda Empiris, Prosiding Seminar Sehari Kemantapan Lereng Pertambangan Indonesia II*. Bandung : Jurusan Teknik Pertambangan ITB. hal 153-163.
- Eberhardt, E. 2005. *Geotechnical Engineering Practice & Design : Lecture 7 : Limit Equilibrium*. EOSC.
- Hirawan, F. 2009. *Pendidikan dan Pelatihan Analisis Kestabilan Lereng : Metode RMR dan SMR*. Bandung : Pusdiklat Geologi 2009.
- Hoek, E., and Bray, J., 1977. *Rock Slope Engineering*. London : The Institution of Mining and Metallurgy.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C., dan Corkum, B. 2002. *Hoek-Brown Failure Criterion - 2002 Edition*. Toronto : Dept. Civil Engineering, University of Toronto.
- Hoek, E., and Marinos, P. 2007. *A Brief History of The Development of The Hoek Brown Failure Criteriion*. Brazil : new Brazilian Journal of Soil and Rocks, No. 2
- Hutamadi, Raharjo, dan Zulkifli Oesman. 2010. *Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral Kutai Timur*. Tersedia di: <http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd>>. [Diakses tanggal 10 November 2010 : jam 22.01]



Krahn, J. 2004. *Stability Modelling with Slope/W an Engineering Methodology*, Geo\_Slope/W. Canada : International Ltd.

Krahn, J. 2004. *GeoStudio Tutorials*, Geo\_Slope/W. Canada : International Ltd

Romana, M.R. 1993. *A Geomechanical Classification for Slopes : Slope Mass Rating*. Spain : Universidad Polit cnica Valencia.

Sjoberg, J. 1997. *Estimating Rock Mass Strength Using The Hoek-Brown Failure Criterion and Rock Mass Classification*. Swedia : Lulea

University of Technology Division of Rock Mechanics.

Sulistianto, Budi. 2008. *Analisis Kemantapan Lereng*. Bandung : Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan ITB.

Zakaria, Zufaldi. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*.  
<http://blogs.unpad/zufialdizakaria>

Tanggal akses 9 Januari 2012: jam 11.23 WIB

Nama : Galih Wiria Swana

Affiliasi : Mahasiswa

Institusi : Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat

No. HP : 085624632890

Email : galihwiraswana@gmail.com